

## Vielseitiger Melder – Vorhang-Lichtschanke VL100

Vorhang-Lichtschanken werden in industriellen Anwendungen u. a. für die Sicherung vor Hineingreifen in Maschinen, aber auch in der Sicherheitstechnik eingesetzt. Sie können aufgrund ihrer Funktionsweise recht große Bereiche überwachen.

Unsere Vorhang-Lichtschanke kann als komfortabler Melder eingesetzt werden, etwa zur Durchgangskontrolle oder zum Melden eines geöffneten Fensters. Die kompakte Lichtschanke ist vielseitig verwendbar und auf bis zu 8 Lichtschanken erweiterbar. Durch zyklischen Betrieb der Lichtschanke arbeitet diese außerdem sehr stromsparend.

### Unsichtbarer „Vorhang“

Unter einer Vorhang-Lichtschanke versteht man eine Kombination aus mehreren Lichtschanken, die einen definierten Bereich überwachen und beim Durchbrechen des „Lichtgitters“ eine Reaktion veranlassen. Dabei wird in den allermeisten Fällen mit unsichtbarem, speziell moduliertem Infrarotlicht gearbeitet, um die Lichtschanke nicht durch Auftreten anderer Lichtquellen oder Reflexionen zu irritieren.

In der industriellen Anwendung werden mit solchen Lichtschanken vor allem Maschinen gesteuert, bei denen ein Hineingreifen in einen bestimmten Bereich Verletzungen hervorrufen könnte, wie z. B. Schneide- und Stanzmaschinen. Auch das Betreten gefährlicher Bereiche, etwa bei Robotern, wird u. a. mit Vorhang-Lichtschanken überwacht.

In der Sicherheitstechnik erfolgt ebenfalls ein vielseitiger Einsatz, z. B. zur Überwachung von Türen und

#### Technische Daten

Spannungsversorgung:	6–12 V <sub>DC</sub>
Stromaufnahme:	max. 130 mA
Schaltvermögen Open-Drain-Ausgang:	15 V, 2 A
Betriebs- und Lagertemperatur:	-15 °C bis +60 °C
Anzahl der anschließbaren Sender-Empfänger-Einheiten:	1–8
Max. Abstand Sender – Empfänger:	1,00 m
Max. Abstand zwischen zwei Sender-Empfänger-Einheiten:	0,25 m
Aderquerschnitt für Zuleitungen:	0,08–0,5 mm <sup>2</sup>
Abmessungen (B x H x T)	
Basisplatine:	187 x 24 x 13 mm
Sender- und Empfängerplatine:	139 x 24 x 13 mm

Toren zum Sichern bestimmter Bereiche gegen Zutritt.

Prinzipiell ist es möglich, bereits aus einer einfachen IR-Lichtschanke eine kleine Vorhang-Lichtschanke zu bauen, indem Empfänger und Sender so angeordnet werden, dass der Infrarot-Lichtstrahl den Empfänger erst über mehrere Reflektoren erreicht. Das Vorhangmuster besteht dann quasi aus mehreren V-förmig verlaufenden Lichtstrahlen. Hier ist allerdings ein Betrieb unter recht definierten Bedingungen erforderlich, denn wird der Lichtstrahl von einem vielleicht verstellten Reflektor falsch abgelenkt, kommt es zu einem Fehlalarm. Eine echte Vorhang-Lichtschanke besteht hingegen aus mindestens zwei Sender-Empfänger-Paaren, die direkt aufeinander ausgerichtet und somit deutlich störsicherer sind.

Genauso arbeitet unsere VL 100. Sie besteht aus einer Basisplatine, die die Steuerung für bis zu 8 IR-Lichtschränken enthält, welche wiederum aus Sender- und Empfängerplatine bestehen. Dabei schaltet die Steuerung die einzelnen Lichtschränke zyklisch durch, so dass die einzelnen Lichtschränke nur für jeweils 5 ms eingeschaltet sind. Dadurch ist auch bei einer Anordnung aus mehreren Lichtschränken ein geringer Stromverbrauch gewährleistet. Mit den möglichen Lichtschränken- und Leitungslängen ist bei einem Maximalausbau immerhin ein Bereich von 1 x 2 m überwachbar.

Die einzelnen Lichtschränkenplatinen sind sehr kompakt, so dass die Lichtschanke sehr vielseitig einsetzbar ist. Sie kann hervorragend als Melder eingesetzt werden, um das Durchqueren einer Tür oder eines bestimmten Bereichs zu signalisieren oder zu zählen. Durch das räumlich versetzte Anordnen mehrerer Lichtschränke (mit jeweils einer Basisplatine) ist es möglich, die Gehrichtung zu registrieren.

Eine sehr interessante Anwendung ist auch die der Tierfotografie. Mit einer Vorhang-Lichtschanke kann man einen recht breiten (oder hohen) Bereich überwachen und automatische Fotoaufnahmen auslösen. Eine einzelne Lichtschanke wäre hier recht nutzlos, auch ein PIR-Bewegungsmelder wäre z. B. bei kleinen Tieren wie Singvögeln weitgehend wirkungslos. Eine Vorhang-Lichtschanke hingegen, die wie unsere VL 100 etwa einen Bereich von 2 m<sup>2</sup> überwacht, registriert jedes Durchqueren des Bereichs.

Aufgrund drastisch gestiegener EMV-Anforderungen darf die VL 100 jedoch nicht im kommerziellen Bereich eingesetzt werden, also nicht in industrieller Steuerungstechnik, Zutrittssteuerung für sicherheitsrelevante Bereiche, Steuerung, Sicherung oder Überwachung von Tür- und Torbewegungen und Alarm- und Einbruchmeldeanlagen. Ein Produkt, das die hier gestellten Anforderungen erfüllen kann, würde erheblich teurer ausfallen und ist als Bausatz derzeit nicht ohne erheblichen Aufwand gesetzeskonform realisierbar.

## Schaltung

Die Funktionalität der Vorhang-Lichtschanke verteilt sich auf drei Platinen: Basisplatine, Senderplatine und Empfängerplatine.

### Basisplatine

Die Basisplatine der VL 100 – die Schaltung dazu ist in

**Bild 1** zu sehen – übernimmt innerhalb der Vorhang-Lichtschanke mehrere Funktionen und stellt das Bindeglied zwischen den später beschriebenen Sender- und Empfängerplatinen dar.

Die an der Klemme KL1 eingespeiste Versorgungsspannung (6–12 V<sub>DC</sub>) wird mit Hilfe des Step-down-Reglers IC2 auf eine Spannung von 5 V heruntergesetzt. Diese Spannung versorgt neben den Komponenten der Basisplatine auch die der Sender- und Empfängerplatinen. Der PTC-Thermistor R1 dient dabei als Überstromsicherung, der MOSFET T2 als Verpolungsschutz.

Der Mikrocontroller IC1 steuert über die Klemmen KL3 und KL4 die jeweiligen Sendemodule und über die Klemmen KL5 und KL6 die jeweiligen Empfängermodule an. Des Weiteren wertet der Controller das von den Empfängermodulen an Klemme KL6 angelegte Signal aus. Die Widerstände R6 und R21 an der Klemme KL6 bzw. die Widerstände R10 bis R13 an den Klemmen KL3 und KL4 dienen dabei als Pull-down-Widerstände, um die Signalleitungen während des Betriebs vor undefinierten Zuständen zu schützen.

Da an die Basisplatine jeweils 8 Sender- und Empfängermodule angeschlossen werden können, werden die in Reihe geschalteten Sender- und Empfängermodule mit Hilfe von 4 Steuersignalen nacheinander jeweils für einen Zeitraum von 5 ms angesteuert. Dieses Vorgehen sorgt dafür, dass bei Nutzung von mehreren Lichtschränken trotz des hohen benötigten Stroms für die IR-Senderdiode der Energieverbrauch der gesamten Schaltung in Grenzen gehalten wird.

Zur sequenziellen Ansteuerung der Module wird an den Anschluss 2 der Klemmen KL3 und KL5 (KL3-2 und KL5-2) zu Beginn eines jeden Durchlaufs ein High-Signal angelegt, welches der ersten Senderplatine signalisiert, dass diese das am Anschluss 4 der Klemme KL4 (KL4-4) anliegende 38-kHz-Signal an ihre Infrarot-Diode ausgeben soll. Außerdem wird die erste Empfängerplatine zum Empfang des 38-kHz-Signals aktiviert.

Weiterhin wird durch ein Taktsignal am Anschluss 3 der Klemmen KL3 und KL5 (KL3-3 und KL5-3) das vorher an Anschluss 2 anliegende High-Signal durch die Sender- und Empfängermodule getaktet, so dass die einzelnen Sendermodule nacheinander ein 38-kHz-Signal ausgeben und die jeweiligen Empfängermodule zum Empfang dieses Signals aktiviert werden. Da die Anzahl der Senderplatinen zwischen 1 und 8 variieren kann, benötigt der Mikrocontroller IC1 eine Rückmeldung, wann alle angeschlossenen Sender- und Empfängermodule durchlaufen wurden. Dieses geschieht mit Hilfe des Anschlusses 5 der Klemmen KL4 und KL6 (KL4-5 und KL6-5). Bei der letzten Sender- und Empfängerplatine sind dazu die Anschlüsse KL3-2 und KL4-5 miteinander zu verbinden. Erreicht das durchgetaktete High-Signal die letzten Platinen, so liegt aufgrund der Brücke ebenfalls ein High-Signal an den Anschlüssen KL4-5 der Sender- und Empfängerplatinen an. Da die Signalleitung für die Rückkopplung bei allen Sender- und Empfängermodulen einfach nur vom Ausgang zum Eingang durchgezogen ist, erreicht das High-Signal auch die Basisplatine am Anschluss KL4-5 (Sender) bzw. KL6-5 (Empfänger), wodurch der Mikrocontroller erkennt, dass alle Platinen durchgetaktet wurden. Auf Grundlage dieser Information kann der

Mikrocontroller wiederum bei der ersten Senderplatine mit der Ausgabe des 38-kHz-Signals beginnen und die erste Empfängerplatine wiederum aktivieren. Mit Hilfe der grünen LED D1 signalisiert die Basisplatine den fehlerfreien Betrieb der Schaltung. Wird eine der Lichtschranken durchbrochen, so wird der Open-Drain-Ausgang (Klemme KL2) mit Hilfe des MOSFETs T1 für die durch den Trimmer R14 eingestellte Dauer auf Masse gezogen und die rote LED D2 beginnt zu blinken.

Zum Verhalten der LEDs und des Open-Drain-Aus-

gangs sind weitere Hinweise im Abschnitt „Betrieb“ aufgeführt.

**Senderplatine**

Wie bei der Basisplatine beschrieben, erhält jede Senderplatine (Schaltung in Bild 2) insgesamt 4 Steuersignale und gibt ebenso 4 Signale an die darauffolgende Platine weiter. Um die eingehenden Steuersignale auswerten zu können und im richtigen Zeitraum die Infrarot-Diode D1 mit 38 kHz anzusteuern, werden ein

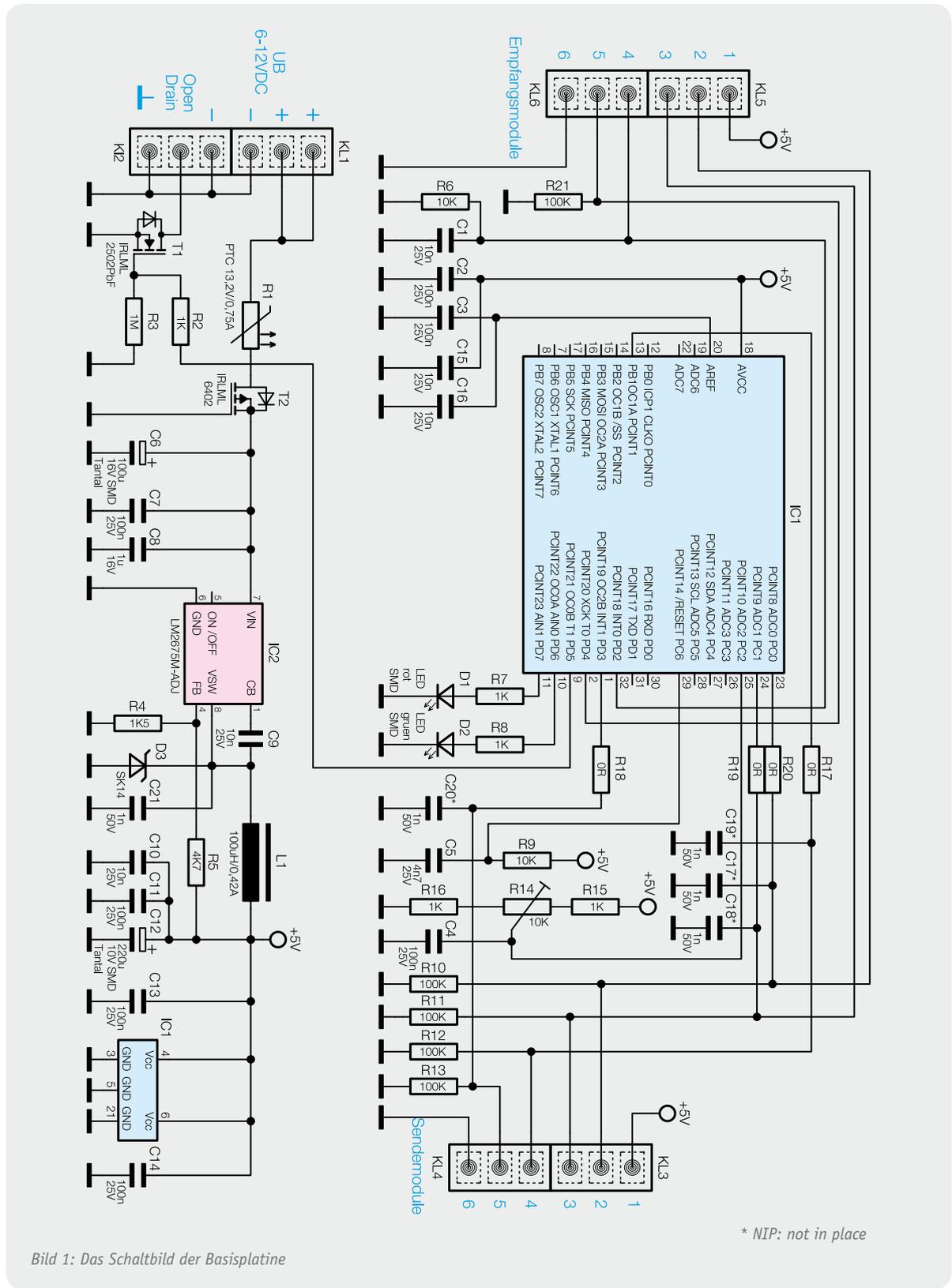


Bild 1: Das Schaltbild der Basisplatine

\* NIP: not in place



Schaltsschwelle des Komparators wird somit auf ca. 2,4 V heruntergezogen.

Aufgrund der Tatsache, dass die Infrarot-Empfänger sehr empfindlich sind, könnte es passieren, dass durch Lichtstreuung das 38-kHz-Signal eines nicht zugeordneten Senders empfangen wird. Eine teilweise durchbrochene Lichtschranke würde somit nicht sicher auslösen. Daher werden die einzelnen Empfängermodule wie die Sendermodule nacheinander durchgetaktet und sind somit nur mit dem jeweils zugeordneten Sender aktiv. Das Prinzip der Taktung mit Hilfe des D-Flip-Flops und des AND-Gatters ist bereits bei den Senderplatinen ausführlich erklärt worden. Der einzige Unterschied liegt bei den Signalen des AND-Gatters. Statt eines 38-kHz-Signals wird bei den Empfängern der Ausgang des vorher beschriebenen Komparators als Eingangssignal des Gatters verwendet. Am Ausgang des AND-Gatters ergibt sich somit nur ein High-Pegel, wenn das jeweilige Modul aktiv geschaltet wurde und der Ausgang des Komparators ein High-Signal ausgibt (gleichbedeutend mit dem Empfang des 38-kHz-Signals).

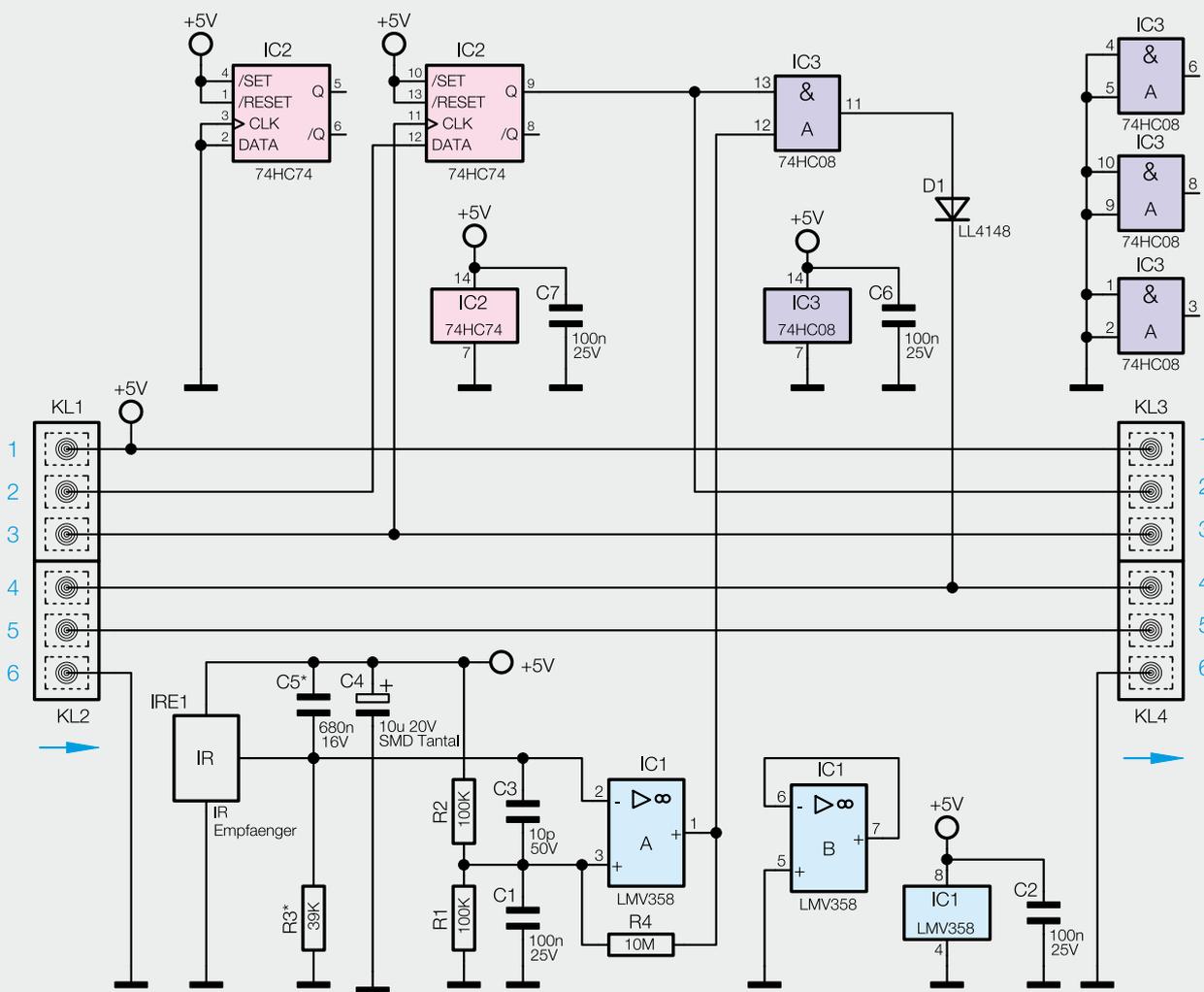
Um nun mehrere Empfängerplatinen in Reihe schalten zu können, wird der Ausgang des AND-Gatters über die Diode D1 auf den Anschluss 4 der Klemmen KL2 und KL4 gelegt. Durch diese als „Wired-OR“ bekannte einfache Schaltungsmethode (siehe Kasten „Elektronikwissen“) ist jede Empfängerplatine in der Lage, die Signalleitung am Anschluss 4 aktiv auf High-Pegel zu ziehen. Die Diode D1 verhindert dabei einen Stromfluss in den Ausgang des Gatters, falls die Signalleitung durch einen anderen Empfänger einen High-Pegel aufweist, das Gatter selbst jedoch ein Low-

Signal ausgibt. Da immer nur eine Empfängerplatine aktiviert wird, entscheidet nur dieser Gatterausgang über den Zustand der Signalleitung am Anschluss 4. Wird keine der Lichtschranken unterbrochen, stellt sich an der Signalleitung ein dauerhafter High-Pegel ein, der von der Basisplatine überwacht wird. Werden nun jedoch eine oder mehrere Lichtschranken durchbrochen, wird die Signalleitung nicht dauerhaft auf High-Pegel gezogen, sondern durch den Pull-down-Widerstand R6 auf der Basisplatine auf Masse gezogen. Dieses überwacht der Mikrocontroller auf der Basisplatine und meldet es über den Open-Drain-Ausgang an Klemme KL2 der Basisplatine.

Die Kondensatoren C1 und C3 dienen der Stabilisierung der Spannungen an den beiden Eingängen des Komparators IC1A. Des Weiteren werden durch die Kondensatoren C2, C4, C6 und C7 Schwankungen in der Versorgungsspannung der Empfängerplatine gefiltert.

## Nachbau

Aufgrund der bereits vorbestückten SMD-Komponenten gestaltet sich der Aufbau der Platinen sehr einfach. Dieser wird anhand der Platinenfotos mit den zugehörigen Bestückungsplänen (Bild 4, 5 und 6) und des



\* NIP: not in place

Bild 3: Das Schaltbild der Empfängerplatine

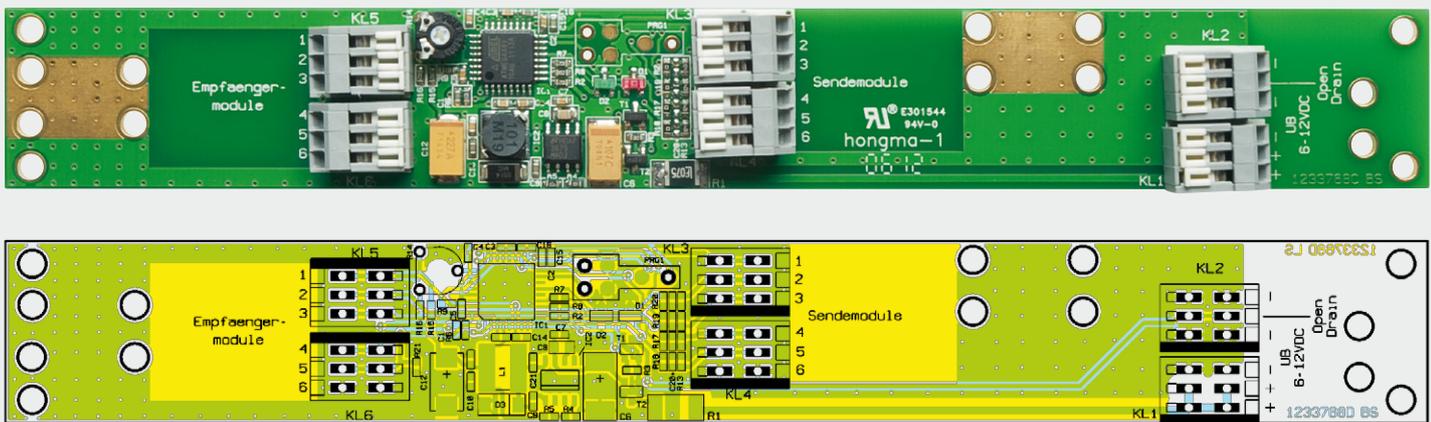


Bild 4: Fertig bestückte Basisplatine mit zugehörigem Bestückungsplan

Bestückungsdrucks auf den Platinen vorgenommen. Bei der Basisplatine ist zunächst der Trimmer R14 einzubauen und zu verlöten. Anschließend folgt die Montage der dreipoligen Anschlussklemmen KL1 bis KL6, wobei die Anschlussöffnungen jeweils nach außen zeigen müssen (siehe Bild 4).

Zur Montage der Senderplatine werden zunächst die dreipoligen Anschlussklemmen KL1 bis KL4 auf die Platine montiert. Die Anschlussöffnungen zeigen

in beiden Fällen jeweils nach außen. Beim Einbau der Infrarot-Diode D1 ist auf die richtige Polung der Diode zu achten. Der längere Pin der Diode markiert die Anode und ist entsprechend in die mit einem „A“ markierte Anschlussbohrung einzusetzen. Ebenso lässt sich die Polung der Diode am „Hals“ des Diodenkörpers feststellen, welcher katodenseitig abgeflacht ist. Diese Abflachung ist ebenfalls bei der Platinenbedruckung angedeutet und gibt somit einen zusätzlichen

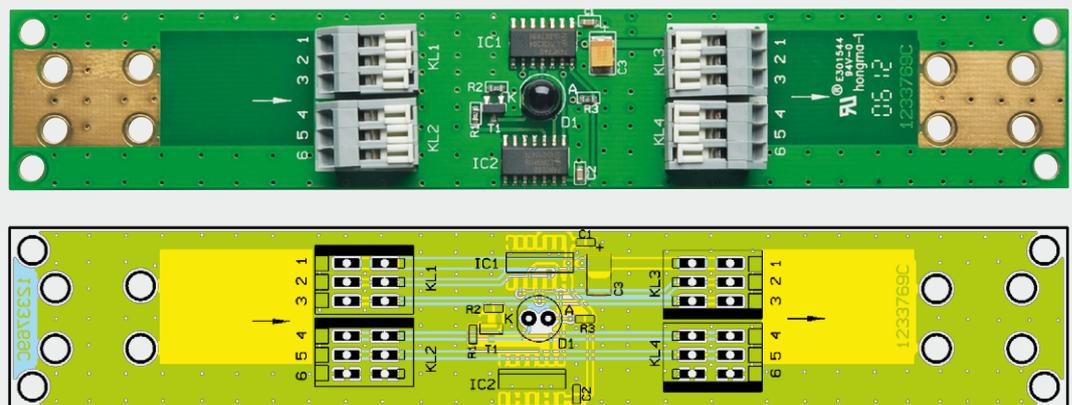


Bild 5: Fertig bestückte Senderplatine mit zugehörigem Bestückungsplan

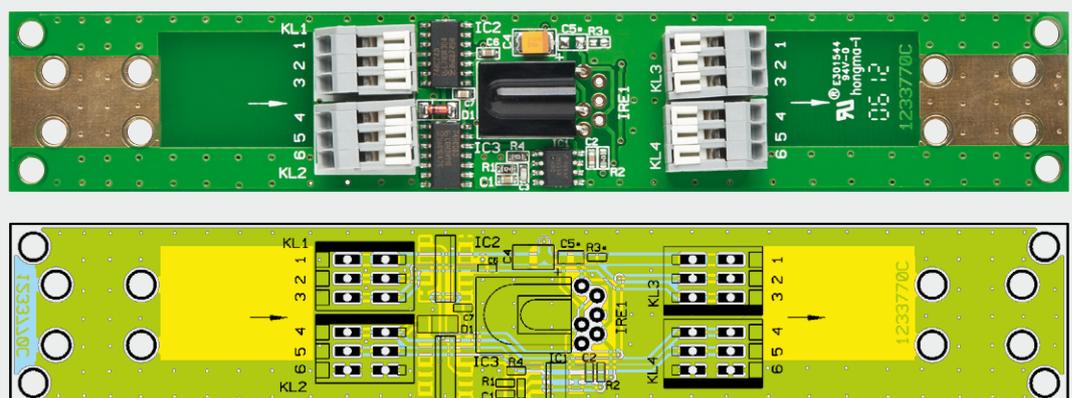


Bild 6: Fertig bestückte Empfängerplatine mit zugehörigem Bestückungsplan

Bild 7: Einbau der IR-Diode auf dem Sendermodul

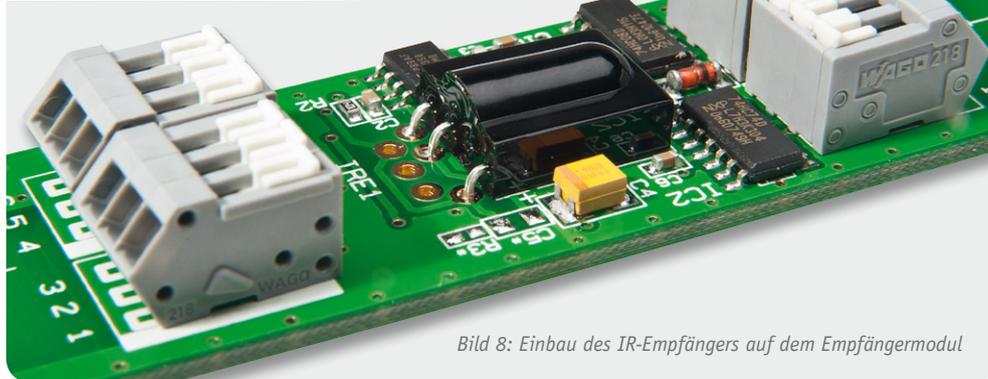
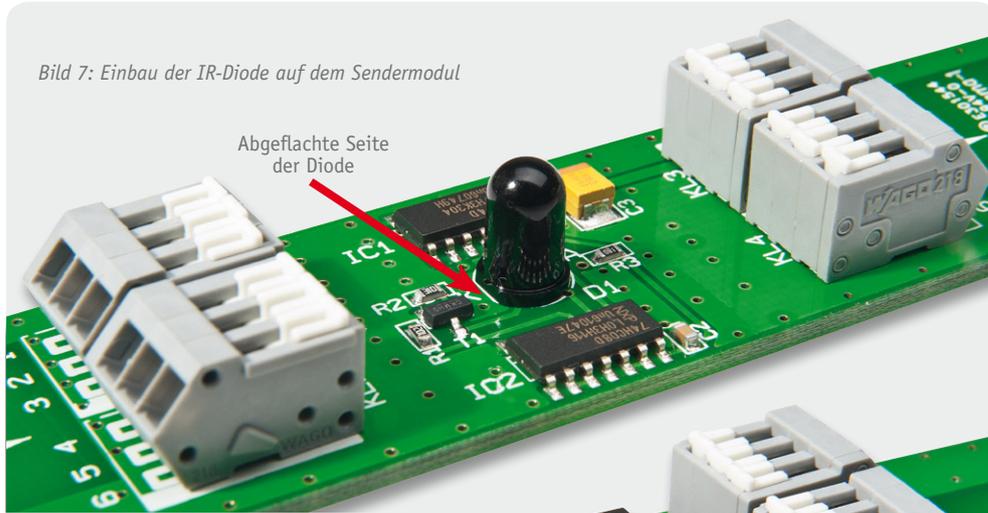


Bild 8: Einbau des IR-Empfängers auf dem Empfängermodul

**Widerstände:**

0 $\Omega$ /SMD/0603	R17–R20
1 k $\Omega$ /SMD/0603	R2, R7, R8, R15, R16
1,5 k $\Omega$ /SMD/0603	R4
4,7 k $\Omega$ /SMD/0603	R5
10 k $\Omega$ /SMD/0603	R6, R9
100 k $\Omega$ /SMD/0603	R10–R13, R21
1 M $\Omega$ /SMD/0603	R3
PT6/liegend/10 k $\Omega$	R14
Polyswitch/13,2 V/0,75 A/SMD/1812	R1

**Kondensatoren:**

1 nF/SMD/0603	C21
4,7 nF/SMD/0603	C5
10 nF/SMD/0603	C1, C9, C10, C15, C16
100 nF/SMD/0603	C2–C4, C7, C11, C13, C14
1 $\mu$ F/SMD/0805	C8
100 $\mu$ F/16 V/Tantal/SMD	C6
220 $\mu$ F/10 V/Tantal/SMD	C12

**Halbleiter:**

ELV111082/SMD	IC1
LM2675M-ADJ/SMD	IC2
IRLML2502PbF/SMD	T1
IRLML6402/SMD	T2
SK14/SMD	D3
LED/SMD/Rot/low current	D1
LED/SMD/Grün/low current	D2

**Sonstiges:**

SMD-Induktivität/100 $\mu$ H	L1
Steckklemmleisten/3-polig/Grau/ RM = 2,5 mm	KL1–KL6

Hinweis zur richtigen Einbaulage. In [Bild 7](#) ist die richtige Einbaulage der Sendediode zu sehen.

Bei der Empfängerplatine ist die Infrarot-Empfänger-Diode IRE1 zunächst entsprechend dem [Bild 8](#) abzuwinkeln. Hierbei ist darauf zu achten, dass die gewölbte Seite der IR-Empfänger-Diode nach oben zeigt. Anschließend wird die Diode auf der Empfängerplatine montiert. Zu guter Letzt folgt noch die Montage der dreipoligen Anschlussklemmen KL1 bis KL4, wobei die Anschlussöffnungen wiederum nach außen zeigen.

**Widerstände:**

18 $\Omega$ /SMD/0603	R3
1 k $\Omega$ /SMD/0603	R1
1 M $\Omega$ /SMD/0603	R2

**Kondensatoren:**

100 nF/SMD/0603	C1, C2
10 $\mu$ F/20 V/Tantal/SMD	C3

**Halbleiter:**

74HC74/SMD	IC1
74HC08/SMD	IC2
IRLML2502PbF/SMD	T1
SFH415	D1

**Sonstiges:**

Steckklemmleisten/3-polig/Grau/ RM = 2,5 mm	KL1–KL4
--	---------



## Wichtiger Hinweis:

Für einen ausreichenden Schutz vor elektrostatischen Entladungen ist der Einbau in ein geeignetes (nichtmetallisches) Gehäuse erforderlich, damit die Schaltung nicht durch eine Berührung mit den Fingern oder Gegenständen gefährdet werden kann.

### Widerstände:

100 k $\Omega$ /SMD/0603	R1, R2
10 M $\Omega$ /SMD/0603	R4

### Kondensatoren:

10 pF/SMD/0603	C3
100 nF/SMD/0603	C1, C2, C6, C7
10 $\mu$ F/20 V/Tantal/SMD	C4

### Halbleiter:

LMV358/SMD	IC1
74HC74/SMD	IC2
74HC08/SMD	IC3
LL4148	D1
TSOP1138	IRE1

### Sonstiges:

Steckklemmleisten/3-polig/Grau/ RM = 2,5 mm	KL1-KL4
--	---------

## Montage

Zur Befestigung der Platinen mit M3-Schrauben in ein Gehäuse, wie z. B. einen Kabelkanal, dienen jeweils die äußeren vier Bohrungen der drei Platinen (siehe Bild 4, 5 und 6). Ein Betrieb der Schaltung ohne Gehäuse ist nicht erlaubt.

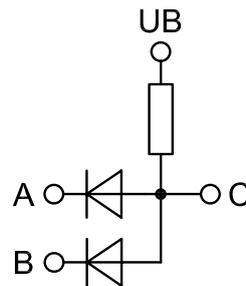
Vor der Montage in ein Gehäuse sollten die Kabelbinder zur Befestigung der Kabel durch die entsprechenden, vor den Klemmen angeordneten Bohrungen gefädelt werden, da eine nachträgliche Montage kaum oder gar nicht möglich ist.

Bei der Montage der einzelnen Platinen sind einige Hinweise zu beachten:

- Jeweils ein Sender- und ein Empfängermodul sind einander so gegenüber zu montieren, dass die Infrarot-Signale des Senders die Empfänger-Diode des Empfängermoduls erreichen. Der Abstand von Sender- zu Empfängermodul darf nicht mehr als 1,0 m betragen.
- Es ist auf die richtige Einbaurichtung der Sender- und Empfängerplatinen zu achten. Beide Platinen sind im Bereich der Klemmen jeweils mit einem Pfeil markiert, der die Signalrichtung von der Basisplatte weg anzeigt.
- Die Abstände der Platinen werden durch die maximale Leitungslänge zwischen den einzelnen Platinen vorgegeben, hierzu finden sich weitere Hinweise im Kapitel „Verdrahtung“.
- Die Platinen müssen in einem Gehäuse mindestens einen Abstand von 5 mm zum Gehäuseboden aufweisen (z. B. durch die Verwendung von Distanzrollen realisierbar).
- Für die Infrarot-Signale zwischen den Sender- und Empfängermodulen ist oberhalb der jeweiligen Dioden eine Bohrung von ca. 4 mm in den Gehäusedeckel einzubringen.

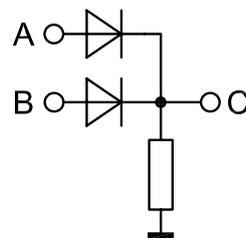
### Verdrahtete Logik (Wired-OR/Wired-AND)

Eine Wired-OR- bzw. Wired-AND-Verknüpfung ist eine einfache Möglichkeit, mehrere digitale Signale ohne hohen Schaltungsaufwand miteinander zu verknüpfen, so dass die Gesamtschaltung wie ein OR- bzw. AND-Gatter wirkt. Um eine solche Verknüpfung zu realisieren, wird lediglich ein Widerstand und je digitalem Signal eine Diode benötigt. Bei einer Wired-AND-Verknüpfung werden die Signalpegel jeweils über eine Diode auf einen Sternpunkt gezogen. Die Anode der Dioden ist dabei mit dem Sternpunkt verbunden. Des Weiteren wird vom Sternpunkt ein Widerstand gegen die Versorgungsspannung gezogen (Pull-up-Widerstand). Der Sternpunkt bildet dabei die AND-Verknüpfung der Signale. Liegt an einem der Eingänge ein Low-Pegel an, wird der Sternpunkt über die Diode ebenfalls auf Low-Pegel gezogen. Liegt jedoch an allen Eingängen ein High-Pegel an, bildet sich aufgrund des Pull-up-Widerstands am Sternpunkt ebenfalls ein High-Pegel. Die Dioden sorgen dafür, dass bei unterschiedlichen Pegeln an den Eingängen kein Stromfluss zwischen den Eingängen stattfinden kann. Bei einer Wired-OR-Verknüpfung werden im Vergleich zur Wired-AND-Verknüpfung lediglich die Dioden umgedreht, so dass die Kathoden der Dioden mit dem Sternpunkt verbunden



Wired-AND-Verknüpfung

A	B	C
Low	Low	Low
Low	High	Low
High	Low	Low
High	High	High



Wired-OR-Verknüpfung

A	B	C
Low	Low	Low
Low	High	High
High	Low	High
High	High	High

werden, und statt gegen die Versorgungsspannung wird der Widerstand gegen Masse geschaltet (Pull-down-Widerstand). Diese Änderung sorgt dafür, dass, sobald an einem der Eingänge ein High-Pegel anliegt, der Sternpunkt ebenfalls einen High-Pegel aufweist. Lediglich wenn alle Eingänge einen Low-Pegel aufweisen, ergibt sich am Sternpunkt ebenfalls ein Low-Pegel. Wie bei der Wired-AND-Verknüpfung verhindern die Dioden einen Stromfluss zwischen den Eingängen.

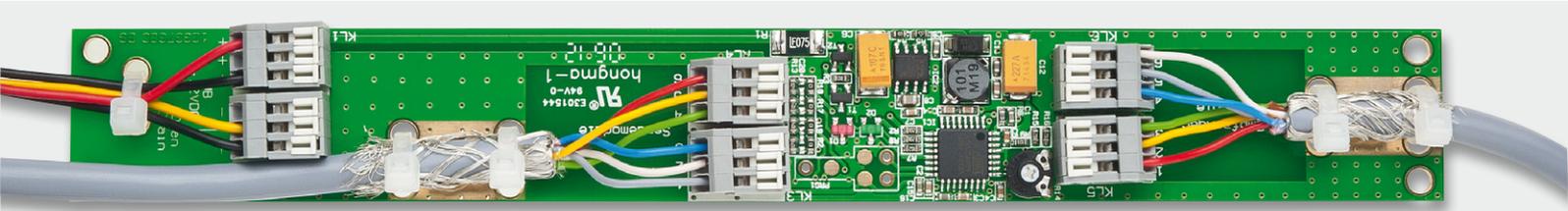


Bild 9: Anschluss der Leitungen auf der Basisplatine

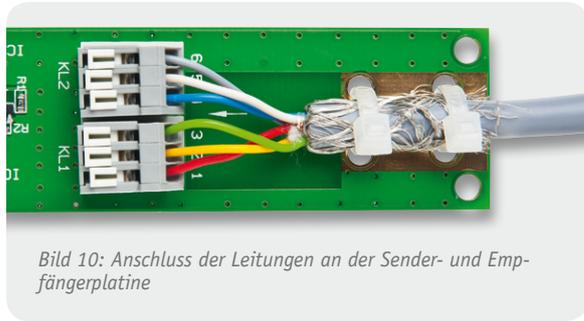


Bild 10: Anschluss der Leitungen an der Sender- und Empfängerplatine

## Verdrahtung

Nachdem alle Module montiert wurden, folgt im nächsten Schritt die Verdrahtung. Hierbei dürfen nur geschirmte Leitungen mit einem Aderquerschnitt von **0,08 mm<sup>2</sup> bis 0,5 mm<sup>2</sup> verwendet werden**. Die Leitungslänge zwischen den miteinander verbundenen Senderplatinen darf **0,25 m nicht überschreiten**. Dieses gilt ebenso für die Leitungslänge zwischen den miteinander verbundenen Empfängerplatinen. Die Leitungslängen der an die Basisplatine angeschlossenen Leitungen dürfen 2,0 m nicht überschreiten.

Zur Montage der Kabel ist zunächst der äußere Mantel des Kabels auf einer Länge von ca. 25 mm zu entfernen. Anschließend wird das nun freiliegende Schirmgeflecht zurückgeschlagen, so dass es um den äußeren Mantel des übrigen Kabels liegt. Nachdem die einzelnen Adern nun auf einer Länge von ca. 5 mm abisoliert wurden, kann das Kabel auf der Platine montiert werden. Dazu wird das Kabel zunächst im Bereich des umgeschlagenen Schirmgeflechts auf die Platine gelegt, so dass das Geflecht mit der vergoldeten Massefläche vor der jeweiligen Klemme eine elektrische Verbindung erhält und dort mit Hilfe von zwei Kabelbindern fixiert. Anschließend werden die Einzeladern an die Klemmen angeschlossen (Bilder 9 und 10).

Bild 11 zeigt, wie die einzelnen Platinen miteinander zu verbinden sind, wobei die Klemmen KL3 bis KL6 auf der Basisplatine und alle Klemmen der Sender- und Empfängerplatinen (KL1 bis KL4) jeweils durchnummeriert sind. Die einzelnen Anschlüsse der Klemmen sind entsprechend ihrer Nummerierung durchzuverdrahten, so wird z. B. der Anschluss KL5-1 der Basisplatine mit dem Anschluss KL1-1 der ersten Empfängerplatine verbunden. Der Anschluss KL2-1 (Empfängerplatine) wiederum wird mit dem Anschluss KL1-1 der zweiten Empfängerplatine verbunden usw.

Zum fehlerfreien Betrieb benötigt der Mikrocontroller auf der Basisplatine eine Rückkopplung von den Sender- und Empfängermodulen. Diese wird durch eine Brücke am jeweils letzten Modul realisiert. Hierzu wird

beim letzten Sender und Empfänger der Anschluss KL3-2 mit dem Anschluss KL4-5 verbunden (siehe Bild 12).

Des Weiteren sind die DC-Spannungsversorgung an KL1 und die über den MOSFET zu schaltende Elektronik an KL2 der Basisplatine anzuschließen.

Nachdem alle Adern verdrahtet wurden, sind diese auf einen festen Sitz innerhalb der Klemmen zu prüfen und zusätzlich durch einen Kabelbinder mit Hilfe der vor der jeweiligen Klemme eingebrachten Bohrungen an die Platine zu fixieren.

## Betrieb

Nachdem die Vorhang-Lichtschranke montiert und verdrahtet wurde, ist diese durch Anlegen der Betriebsspannung sofort „scharf“ geschaltet.

Während des Betriebs leuchtet die grüne LED dauerhaft. Bleibt die grüne LED komplett aus, liegt ein Fehler bei der Spannungsversorgung der Schaltung vor. Beginnt die LED während des Betriebs zu blinken, so fehlt dem Mikrocontroller auf der Basisplatine das Rückkopplungssignal. Dieses lässt auf eine fehlerhafte Verdrahtung zwischen den einzelnen Sender- oder Empfängermodulen oder eine fehlende Rückkopplung beim letzten Sender- oder Empfängermodul schließen. Sollte dieser Fehler auftreten, sind alle Leitungen zwischen der Basisplatine und allen Sender- und Empfängermodulen auf richtigen Anschluss zu prüfen. Nach Anlegen der Versorgungsspannung leuchtet die grüne LED einige Male auf. Dieses Verhalten weist auf keinen Fehler hin, sondern ist normal. Nach ein paar Sekunden sollte die LED dauerhaft leuchten.

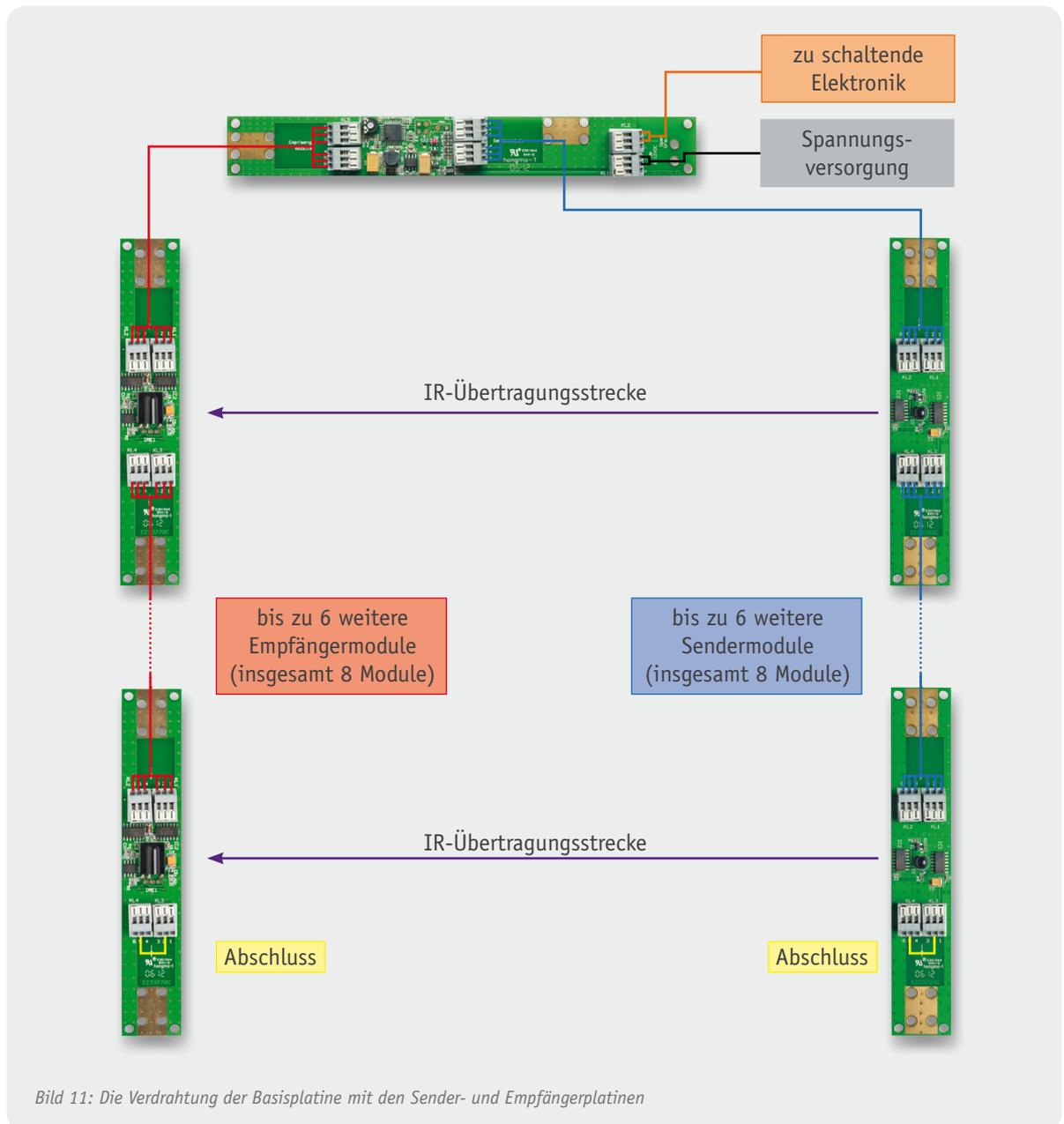
Die rote LED signalisiert durch Blinken ein Durchbrechen eines Lichtschranken-Strahls. Das Blinken endet erst, nachdem der Open-Drain-Ausgang der Schaltung wieder geöffnet wurde.

Mit Hilfe des Trimmers R14 kann die Einschaltdauer des Open-Drain-Ausgangs nach Unterbrechen der Lichtschranke im Bereich von 1 s bis zu 120 s eingestellt werden. Hierbei ist der mechanische Stellbereich des Trimmers in drei Bereiche unterteilt. Im untersten Stellbereich lassen sich Sekundenwerte von 1 s bis 10 s (in 1-Sekunden-Schritten) einstellen, im middle-



### Wichtiger Hinweis:

Dieses Gerät arbeitet mit unsichtbarem Infrarotlicht. Bitte mindestens 20 cm Abstand vom Gerät zum Auge einhalten!



ren Bereich Werte von 12 s bis 30 s (in 2-Sekunden-Schritten) und im oberen Bereich Werte von 40 s bis 120 s (in 10-Sekunden-Schritten). Hierbei ist zu beachten, dass die eingestellte Einschaltdauer erst nach Verlassen der Lichtschranke heruntergezählt wird. Befindet sich ein Objekt dauerhaft im Bereich der Lichtschranke, wird der Open-Drain-Ausgang dauerhaft auf Masse gezogen. **ELV**

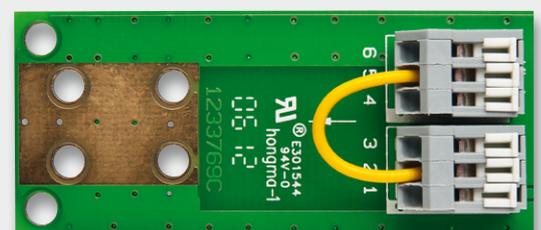


Bild 12: Rückkopplung am letzten Sender- und Empfängermodul